

木曾駒ヶ岳におけるデジタル航空写真画像を用いた 高山植物の画像解析

徳田桃子・加藤正人

信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

要 約

高山帯において荒廃した植生の状態を詳細に把握するため、航空写真画像や衛星写真画像を利用することが有効である。本研究では、これまで植生復元事業が行われている木曾駒ヶ岳周辺を対象地とし、高山植生の種類や分布パターンを明らかにするために、現地植生の状態と高解像度デジタルエリアセンサ (UCD) で得られた画像との関係を調査した。調査地域で広範囲に分布するハイマツを主に検出し、その周辺植物とハイマツと同じ本で隣接することが多いガンコウランを検出した。画像解析の結果、NDVI を利用して作成した植生域画像と解像度15cmのパンシャープン画像を利用することによって、ハイマツとガンコウランが区別できることが明らかとなった。

キーワード：デジタル航空写真画像，高山植物，植生分類，リモートセンシング

背景と目的

現在、木曾駒ヶ岳周辺では、近年の高山植物の荒廃の進行に対して植生復元事業が中部森林管理局を中心に行われている。それに伴い、今後、継続的な植生調査や植生変化の把握が必要であると考えられる。一方、高山における調査は、平地のように容易に行うことができない。また、広範囲の植生を把握するという点においても、航空写真や衛星写真等を用いたリモートセンシング技術の活用が期待されている。そこで本研究では、木曾駒ヶ岳周辺において従来よりも解像度が高いデジタル航空写真画像により解析し、現地調査のデータと比較することにより、植生の種類や分布状況が航空写真画像からどのように把握できるのかを検討した。

調査地概要

調査対象地は、長野県南部、中央アルプス宝剣岳（標高2931m）直下の通称千畳敷カール及び、中央アルプス最高峰の木曾駒ヶ岳（2956m）の南に位置する、乗越浄土から中岳（2925m）にかけての稜線上とその付近である（図1）。

調査地内は、中部森林管理局南信森林管理署及び木曾森林管理署管内における国有林で、中央アルプス駒ヶ岳特定地理等保護林や中央アルプス県立自然

公園に指定されている。昭和42年のロープウェイ完成により毎年多くの登山者が訪れている。

稜線付近には、ハイマツが広範囲に生息し、岩場やハイマツと隣接してガンコウランが多く生息している。ガンコウランの中にはチングルマやコイワカガミなどの他の草本性植物が混在することが多い。荒廃地にはミヤマアシボソスゲやイワツメクサなどの草本が生息している。千畳敷には、ウラジロナナカマドやミヤマハンノキなどの広葉樹、コバイケイソウやシナノキンバイなどの草本が生息している。

使用データと研究方法

1 使用データと機器

1-1 航空写真

2005年7月28日に株式会社パスコにより撮影された、デジタルエリアセンサ (Ultra Cam-D) を使用して撮影された航空写真画像（以下、UCD 画像と表現する）を使用した。この画像の地上分解能はカラー画像で50cm、パングロ画像で15cmと非常に高いことが特徴である。バンド数は4つ、各バンドの観測波長帯は表1に示す。

1-2 解析ソフト

現地調査結果を航空写真画像に重ねる際に、ESRI社製GISソフト「ArcGIS9.1」を使用した。また、航空写真画像の画像解析には、Leica Geosystems社製解析ソフト「ERDAS IMAGINE

受領日 2007年1月31日

採択日 2007年3月9日

8.9]を使用した。

2 研究方法

研究方法は、現地調査と航空写真画像の解析の2つの柱からなる。まず、植生分類を行うための航空写真画像の解析として教師なし分類と教師付き分類を行った。教師なし分類は、各波長の反射値をもとに特徴が類似しているピクセルをコンピュータが自動的にグループ化して分類する方法であり、分類の際に現地の情報は使用しない。一方、教師付き分類は、分類に対し事前に用意された現地の情報が存在し、トレーニングデータを基にして分類を行うものである。

教師付き分類に必要な現地植生の情報を得るために、現地において植生調査を行った。現地調査結果を反映した教師付き分類結果を現地の状況とし、教

師なし分類結果と比較することで、植生の分布状況がどのように分類されるのかを検討した。

2-1 現地調査

現地調査は、踏査とプロット調査を行った。

踏査は、2006年8月4日に、主に千畳敷付近で行った。遊歩道から確認できる植生の種類と分布範囲をプリントアウトした航空写真画像に書き込んだ。特にハイマツと、広葉樹であるウラジロナカマドとミヤマハンノキ、また、その他の草本について行った。ガンコウランについては、遊歩道からの確認が困難であったため、踏査による確認は行わなかった。

プロット調査は、主に稜線付近で行った。2005年8月3日にベルト状プロット (18m×2m)、2006年9月2日にプロット1 (2m×2m)、2 (1m×1m)、3 (3m×2m)、2006年9月29日に4 (3m×3.5m)、5 (3m×2m) の計6プロットを設置した。それぞれのプロットの設置場所と植生状況を図2と表2に示した。メジャー



図1 調査対象地

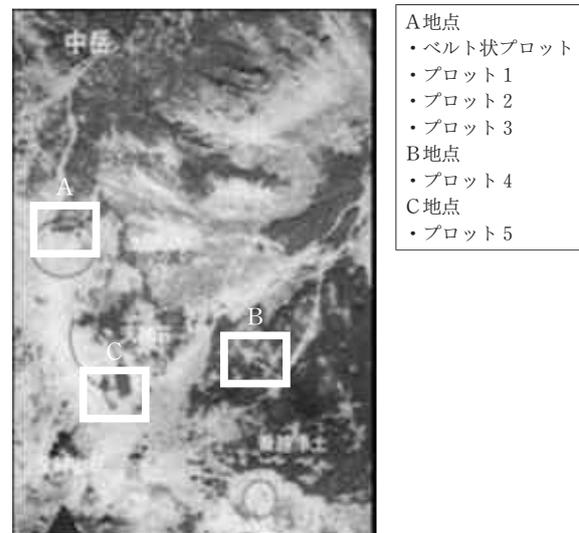


図2 プロット設置場所

表1 UCD-データの観測波長帯

バンド数	波長帯	
	1	Red
2	Green	420-580nm
3	Blue	390-470nm
4	NIR	690-900nm

表2 各プロットの植生状況

地点	プロット	植生
A	ベルト状プロット	ハイマツ, ガンコウラン, 草本, 石, 登山道
	プロット1, 2	ガンコウラン
	プロット3	ハイマツ, ガンコウラン
B	プロット4	ハイマツ, ガンコウラン
C	プロット5	ハイマツ, ガンコウラン

とポールを用いて距離を測定し、プロットの四隅に杭を設置した。次に、プロット図を作成するためにプロット内をデジタルカメラで50cm×50cmごとに写真撮影を行った(写真1)。ここで得られたデジタルカメラの写真をもとに Arc Map 上でプロット図を作成し、航空写真画像を重ね合わせることで、それぞれの植生をトレーニングデータとして教師付き分類に利用した。作成したプロット図を図3に示した。

2-2 画像解析方法

解析方法は、オルソ化したUCD画像(図4)に対し、まず、植生指数NDVIを利用して植生域のみを抽出した「植生域画像」を作成した(図5)。NDVI値は式1によって求めた。この画像は、石や登山道といった植生以外のものが省かれているのが特徴である。次に、カラー画像から調査プロット設置場所付近と千畳敷の遊歩道付近それぞれを切り出した「切り出し画像」を作成した(図6左)。最後に、パンクロ画像からも同じように切り出し画像を作成し、カラー画像の切り出

し画像と重ね合わせて、解像度15cmのカラー画像「パンシャープン画像」を作成した(図6右)。これら3種類の画像それぞれに対して植生分類の教師なし分類と教師付き分類を行った。

$$NDVI = (band4 - band1) / (band4 + band1) \quad \dots\dots\dots \text{式1}$$

結果

1 教師付き分類による植生判読

ベルト状プロットにおける、植生調査による各植生の面積と植生域画像、切り出し画像、パンシャープン画像をそれぞれ教師付き分類したときの結果を表3に示した。ハイマツは全体的に少なく分類され、植生域画像においては画像全体でハイマツが少なく、ガンコウランが多い結果となった。ガンコウランは、切り出し画像において良好な結果となった。草本は、パンシャープン画像において良好な結果となり、岩場の植物と石は、切り出し画像とパンシャープン画像においてより近い値となった。千畳敷付近については、今回は面積の計算を行っていないが、踏査のみの教師ではうまく分類されず、ハイマツが多く草



写真1 プロット写真撮影

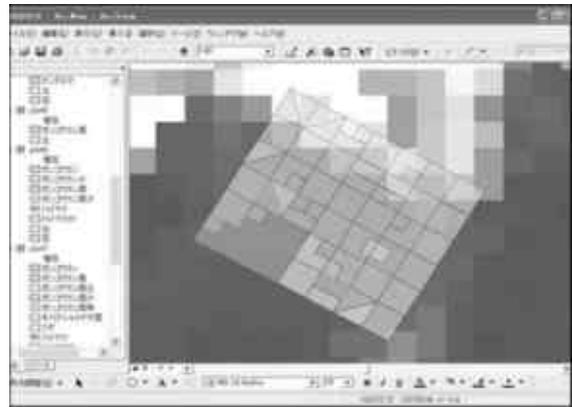


図3 Arc Mapで重ね合わせた植生プロット図

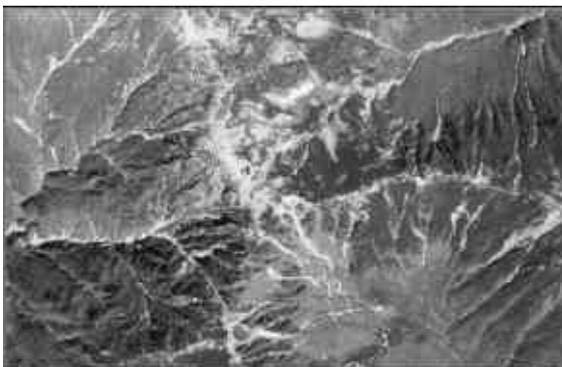


図4 駒ヶ岳のフォルスカラー画像
(R : G : B = 4 : 2 : 1)

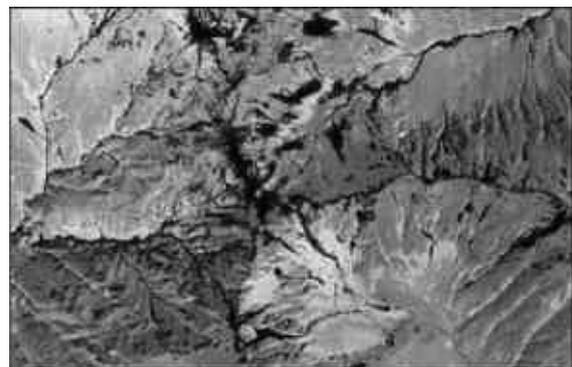


図5 駒ヶ岳の植生域画像
(R : G : B = 4 : 2 : 1)

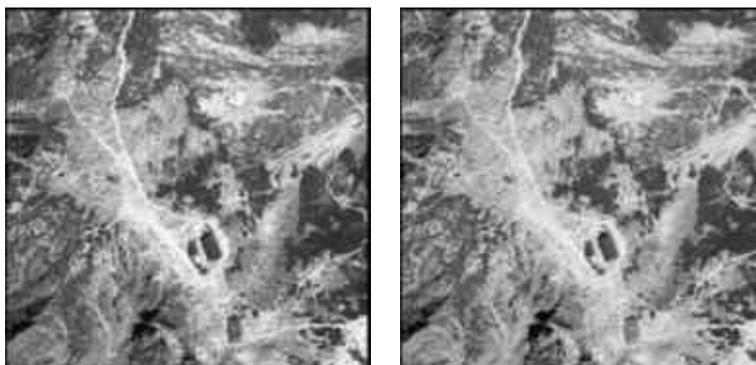


図6 プロット調査地のフォルスカラー画像(左)とパンシャープン画像(右)
(共にR:G:B=4:2:1)

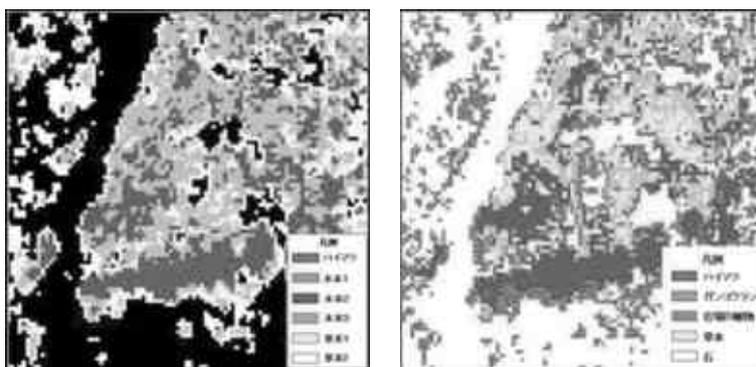


図7 植生域画像におけるベルト状プロット付近の分類結果
(左:教師なし分類画像 右:切り出し画像における教師付き分類画像)

表3 ベルト状プロットの植生面積と各画像における分類面積

	ハイマツ	ガンコウラン	草本	岩場の植物	石
植生面積	3.13	3.94	3.56	6.18	19.25
植生域画像	0	5.24	6.68	14.29	9.8
切り出し画像	1.56	3.31	6.38	10.69	14.69
パンシャープン画像	0.94	5.54	3.41	10.69	15.15

(単位: m^2)

本が極端に少ない結果となった。

以上の結果から、プロット調査地付近においては切り出し画像とパンシャープン画像の教師付き分類画像を、千畳敷付近においては分類前の各画像を、現地の状況を示す画像として利用した。

2 教師なし分類による植生判読

2-1 植生域画像による分類

プロット調査地付近における植生域画像の教師なし分類結果を、切り出し画像を用いた教師付き分類結果と比較したところ、ベルト状プロット付近では、ハイマツと草本が良好に分類された(図7)。また、教師なし分類の「木本1」が教師付き分類の「草本」と「ガンコウラン」が混在して

いるエリアに対応していることが確認された(図7)。プロット5付近では、ハイマツとガンコウランの面積は異なるものの、ハイマツと混在して分布するガンコウランがハイマツと区別できることが明らかとなった(図8)。

2-2 切り出し画像による分類

プロット調査地付近における切り出し画像の教師なし分類結果を、切り出し画像を用いた教師付き分類結果と比較したところ、ベルト状プロット付近では、草本がうまく分類されたが、全体的にハイマツが多い結果となった(図9)。これはハイマツと隣接するガンコウランの多くがハイマツと分類されたことが原因と考えられる。また、プ

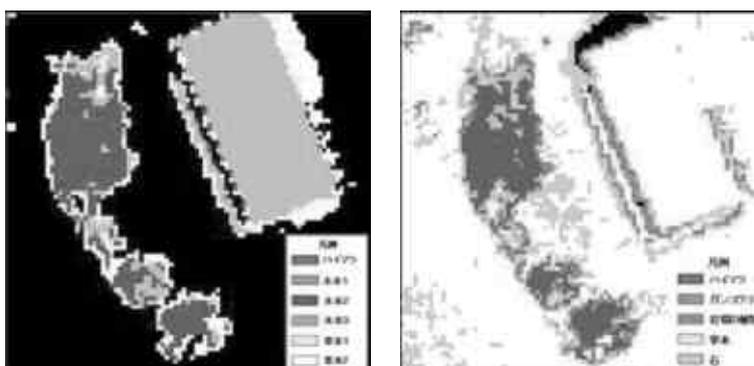


図8 植生域画像におけるプロット5付近の分類結果
(左：教師なし分類画像 右：切り出し画像における教師付き分類画像)

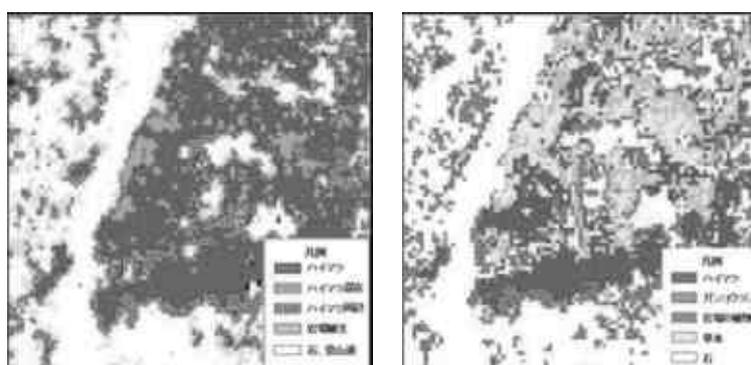


図9 切り出し画像におけるベルト状プロット付近の分類結果
(左：教師なし分類画像 右：教師付き分類画像)

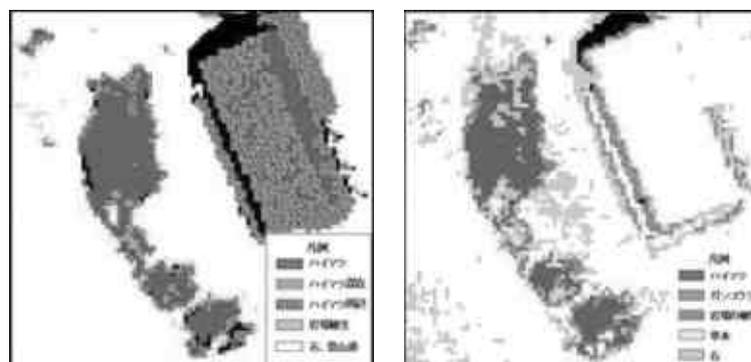


図10 切り出し画像におけるプロット5付近の分類結果
(左：教師なし分類画像 右：教師付き分類画像)

ロット5付近でも同様に、ハイマツに混在しているガンコウランがハイマツと分類された(図10)。

2-3 パンシャーペン画像における分類

プロット調査地付近におけるパンシャーペン画像の教師なし分類結果を、パンシャーペン画像を用いた教師付き分類結果と比較したところ、ベルト状プロット付近では、教師なし分類の「ガンコウラン」と教師付き分類の「草本」および「ガンコウラン」が対応することが明らかとなった(図

11)。また、教師なし分類では「草本」が「ガンコウラン」に含まれる結果となった。プロット5付近では、ハイマツに隣接するガンコウランが区別され、教師なし分類と教師付き分類の結果が類似していることが明らかとなった(図12)。

2-4 千畳敷付近の画像分類

千畳敷付近における3種類の画像を教師なし分類した結果、ハイマツと広葉樹、または草本と広葉樹の分類はすべての画像において良好であった。

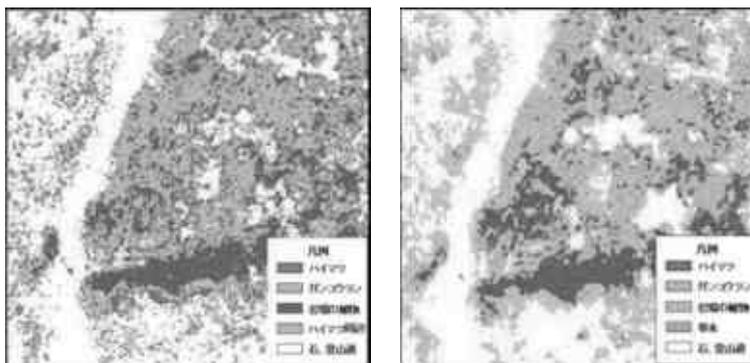


図11 パンシャープン画像におけるベルト状プロット付近の分類結果
(左：教師なし分類画像 右：教師付き分類画像)

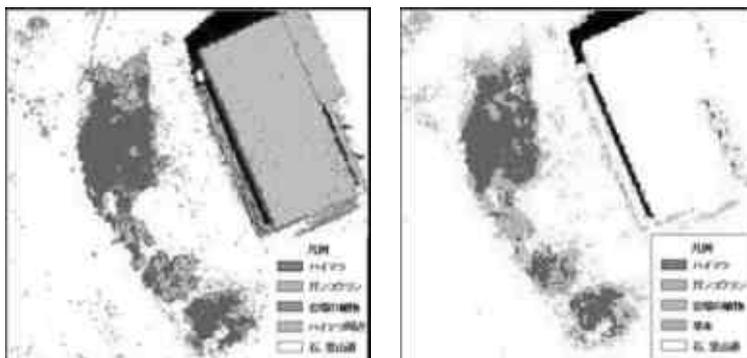


図12 パンシャープン画像におけるプロット5付近の分類結果
(左：教師なし分類画像 右：教師付き分類画像)

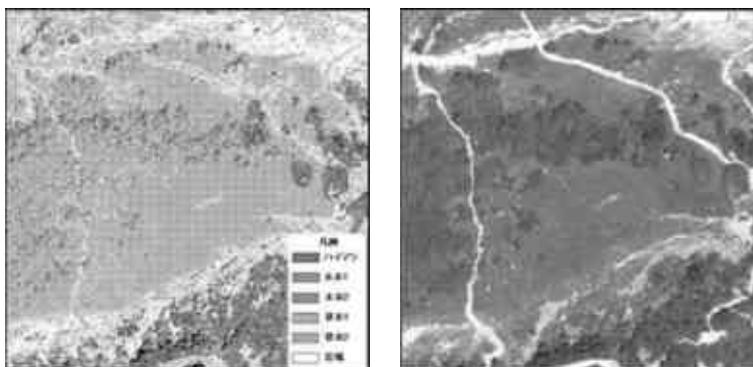


図13 パンシャープン画像における千畳敷付近の分類結果
(左：教師なし分類画像 右：フォルスカラー画像 (R : G : B = 4 : 2 : 1))

千畳敷における踏査広葉樹については、分類前の画像ではウラジロナナカマドとミヤマハンノキの2種に判別できたが、教師なし分類では、3種の画像とも明確に2種に判別する結果は得られなかった(図13)。

考察

植生別に考察すると、ハイマツとガンコウランは、植生域画像とパンシャープン画像における植生分類によって区別が可能であることが明らかとなった。

ハイマツはマット状に広範囲に生息し、また、草本や他の木本と混在することが少ないため分類されやすいと考えられる。一方、ガンコウランは他の草本や木本と混在することが多く、混在する植物との比率によって、草本と分類されるケースがあった。千畳敷においては、今回作成したすべての画像における教師なし分類でハイマツと広葉樹、草本と広葉樹の区別が可能であることが明らかになった。また、広葉樹は分類前の画像において2種類に分かれていることが考えられるが、教師なし分類では判別することが困難であった。

画像別に考察すると、植生域画像における教師付き分類では、範囲が広く教師が不足したことにより分類がうまくいかなかったと考えられる。植生域画像における教師なし分類では、草本、ハイマツ、ガンコウランともに良好な分類結果を得ることができた。これは、画像の情報を植生域に限定したことが要因であると考えられる。切り出し画像における教師付き分類では、教師が十分にとれていれば現地植生に近い分類結果が得られることが明らかとなった。切り出し画像における教師なし分類では、草本は良好に分類されたものの、ハイマツとガンコウランは区別されず、ガンコウランはハイマツと同じクラスに分類された。このことから、今回用いた分解能50cmの画像では、ハイマツとガンコウランを区別するのは困難であることが分かった。パンシャープン画像における教師付き分類では、同じく教師が十分にとれていれば現地植生に近い結果を得ることができると明らかとなった。パンシャープン画像における教師なし分類では、草本は分類されにくい、ハイマツとガンコウランは良好に分類された。これは、分解能が15cmであることが要因であると考えられる。以上のことから、ハイマツとガンコウランを区別するにはNDVI画像またはパンシャープン画像の活用が有効であると考えられた。また、現地植生を反映した教師付き分類結果を得るには、範囲を

限定した切り出し画像とパンシャープン画像の活用が有効であることが明らかとなった。

今後の課題と展望

今回教師が不足した千畳敷付近において、特に広葉樹の教師をとるために追加調査を行い、再度教師付き分類を行う必要がある。また、植生分類結果に信頼性を持たせるために、各植生の分類面積を計算し、分類結果の精度検証を行う必要がある。そうした上で、現在の木曾駒ヶ岳全体の「植生図」を作成することができればと考える。現地での植生調査では得られない植生の面積や分布状況を把握することができ、今後の植生復元事業にも活用していけるのではないかと考える。

参考文献

- 1) 徳田桃子・加藤正人 (2006) 木曾駒ヶ岳の植生把握におけるリモートセンシング技術の活用について 中森研 No.54 163~164
- 2) 中部森林管理局・社団法人日本森林技術協会 (2006) 平成17年度木曾駒ヶ岳森林生態系保護地域等における植生復元対策事業報告書 1~35
- 3) 加藤正人編著 (2004) 森林リモートセンシング 基礎から応用まで J-FIC 1~273

Image Analysis of Alpine Plants at Mt.Kiso-Komagatake Using Digital Aerial Image

Momoko TOKUDA, Masato KATOH

Faculty of Agriculture, Shinshu University, Education and Research Center of Alpine Field Science

Summary

The analysis of aerial or satellite images is useful for detection of the precise status of vegetation that is remarkably damaged in the alpine field. Relationship between vegetation status and digital aerial images taken by Ultra Cam-D (UCD) was investigated to clarify the classification of vegetation and distribution pattern for image data in the Mt. Kiso-Komagatake where advanced vegetation restoration activities has been made. Because of the widely distributed in this region, Japanese Stone Pine (*Pinus pumila*) was mainly detected and surrounding herbaceous plants and Crowberry (*Empetrum nigrum L. var. japonicum*) which makes bush and often grows adjacent to Japanese Stone Pine were detected. As the results of analysis of the Difference Normalized Vegetation Index (NDVI) image and Pansharpn image which has the 15cm resolution spatial data showed that the image data was useful for vegetation classification between Japanese Stone Pine and Crowberry.

Key word : Digital aerial image, Alpine plant, Classification of vegetation, Remote Sensing